

Apêndice Técnico

Movimentos Celestes

1a) Movimento aparente da esfera das estrelas fixas

Embora as posições relativas das estrelas sejam aparentemente invariáveis, bem como das constelações que elas compõem, vistas da Terra as estrelas são arrastadas como um todo pelo movimento geral do Céu, cuja velocidade é por volta de 15° por hora, completando portanto uma volta de 360° no final de 24h no sentido anti-horário, "atrasando-se" pouco menos de 1° por dia no sentido horário, em torno do eixo celeste Norte-Sul.

Excetuando-se o fenômeno da precessão dos equinócios, que só é observável em longos intervalos de tempo, os pontos da esfera das estrelas cortados pelo eixo celeste N-S ocupam sempre a mesma posição fixa e são denominados polos celestes.

1b) Movimento aparente do Sol

O movimento aparente do Sol é a composição de dois movimentos: o movimento diurno (movimento de rotação para oeste no sentido anti-horário, seguindo o movimento da esfera das estrelas) e um movimento lento oposto, simultâneo ao anterior (movimento para leste, no sentido horário) ao longo de uma curva denominada Eclíptica, que corresponde ao movimento anual do Sol.

Se diariamente, no transcorrer de um ano, marcarmos sobre um mapa celeste as posições ocupadas pelo Sol no momento de se pôr e unirmos tais pontos obteremos uma curva regular, cuja forma é de um círculo um pouco deformado e consideravelmente descentralizado em relação ao

polo celeste, que se encerrará sobre si mesma. Esta é a curva denominada Eclíptica.

O Sol ocupa sempre algum ponto da Eclíptica, já que o movimento anual é sobre a Eclíptica, e esta é arrastada rapidamente através do Céu pelo movimento diário normal do sistema estelar. Assim sendo, o Sol se comporta como uma estrela que se encontra sobre um determinado ponto da Eclíptica e que portanto se desloca junto com o conjunto do Céu; porém ele, além deste movimento, se desloca lentamente ao redor da Eclíptica ocupando uma posição diferente em cada época do ano.

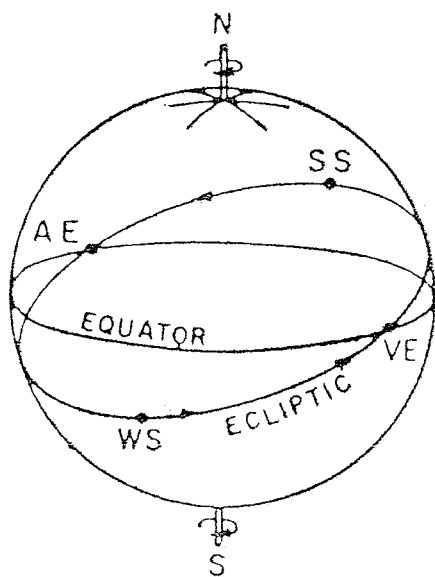


FIGURA 1 - O Equador e a Eclíptica sobre a esfera celeste. Apud KUHN, 1957, p. 34.

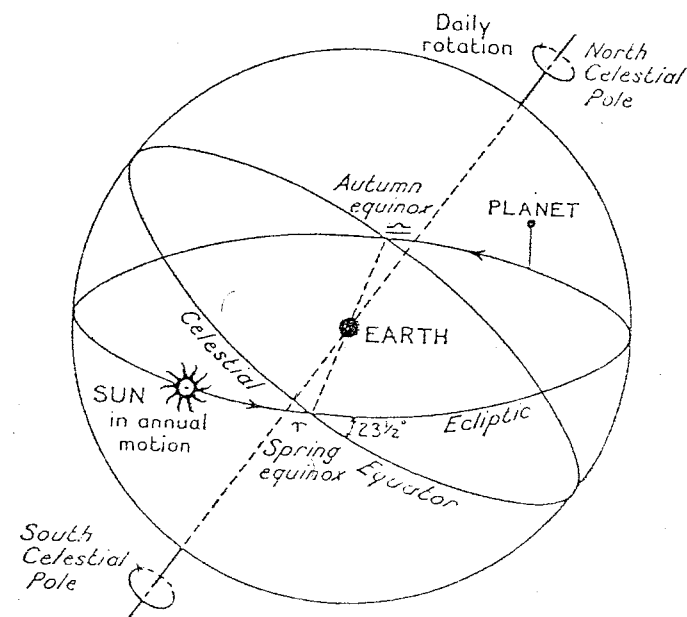


FIGURA 2 - A esfera celeste. Apud CROMBIE, 1979, v. 1, p. 105.

1c) Movimento aparente dos planetas

Todos os planetas gozam, assim como o Sol, de um movimento diurno aparente para o oeste, arrastados pelo movimento do Céu, e simultaneamente se deslocam lentamente para leste, até retornarem aproximadamente à sua posição de origem.

Além deste movimento normal, os planetas, exceto o Sol e a Lua, durante alguns breves intervalos de tempo substituem o movimento para leste por um movimento de retrocesso para oeste. Este retrocesso se dá da seguinte maneira: cada um dos cinco planetas - Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno - se desloca em seu movimento normal para leste, porém todos e cada um deles momentaneamente começam a perder velocidade de forma gradual, até que chegue um momento em que a direção de seu movimento se inverte, retrocedendo a partir daí para oeste, e em seguida retomando seu movimento normal para leste. Os retrocessos têm uma forma e duração muito similares, porém nem sempre se produzem na mesma data nem dentro do mesmo setor do Céu. Este movimento é denominado *movimento retrógrado*.

As observações dos movimentos descritos acima eram bastantes conhecidas na antigüidade e constituíram parte essencial da análise dos astrônomos antigos sobre a estrutura do Universo.

2

Sistema de Epiciclo e Deferente

Na sua forma mais simplificada, o sistema epiciclo-deferente é composto por um pequeno círculo, o epiciclo, que gira uniformemente ao redor de um ponto situado sobre a circunferência de um segundo círculo em rotação, o deferente (ver Figura 3).

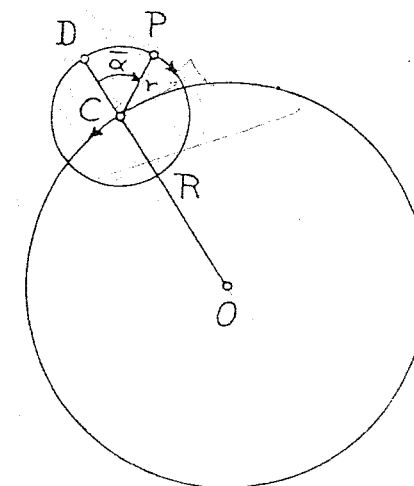


FIGURA 3 - Sistema de epiciclo e deferente, onde: P é um planeta qualquer, C é o centro do epiciclo, r raio do epiciclo ($< R$), círculo de raio $R = OC$ é o deferente. *Apud* NEUGEBAUER, 1975, v. 3, p. 1220, fig. 50.

A partir desta estrutura básica de deferente e epiciclo, várias combinações de círculos eram possíveis. A fim de dar conta das posições observadas dos planetas, os astrônomos

ptolomaicos combinavam círculos excêntricos e epiciclos a um deferente básico.

Os vários artifícios geométricos, utilizados pela astronomia ptolomaica, são apresentados na Figura 4, onde podemos notar a existência de dois tipos de epiciclos: epiciclos e epiciclos secundários, denominados por T. Kuhn, no livro *The Copernican Revolution*, de epiciclos maiores e epiciclos menores, respectivamente. Alguns outros autores também utilizam esta nomenclatura, por exemplo, Richard Westfall, no livro *The Construction of Modern Science*¹.

2a) Epiciclos (epiciclos maiores)

Este tipo de dispositivo geométrico (Figura 4a) já era conhecido por Apollonios, no século III a.C., e era empregado para explicar as grandes irregularidades planetárias – movimento retrógrado, variação do brilho dos planetas, desigualdades entre os períodos de tempo necessários para sucessivas trajetórias ao longo da eclíptica. Ou seja, os epiciclos (maiores) eram empregados para explicar a variação qualitativa do movimento dos planetas.

2b) Epiciclos secundários (epiciclos menores)

Os epiciclos secundários foram introduzidos por Hipparchos com a finalidade de oferecer pequenos ajustes quantitativos entre a teoria e a observação; eles não produzem variação qualitativa nos movimentos planetários. Como podemos notar nas Figuras 4e e 4f, eles são pequenos círculos complementares associados a um deferente.

Um exemplo do uso dos epiciclos secundários foi aquele feito por Hipparchos, com a finalidade de proporcionar uma avaliação quantitativa das irregularidades do movimento do Sol e da Lua.

¹ WESTFALL, 1981.

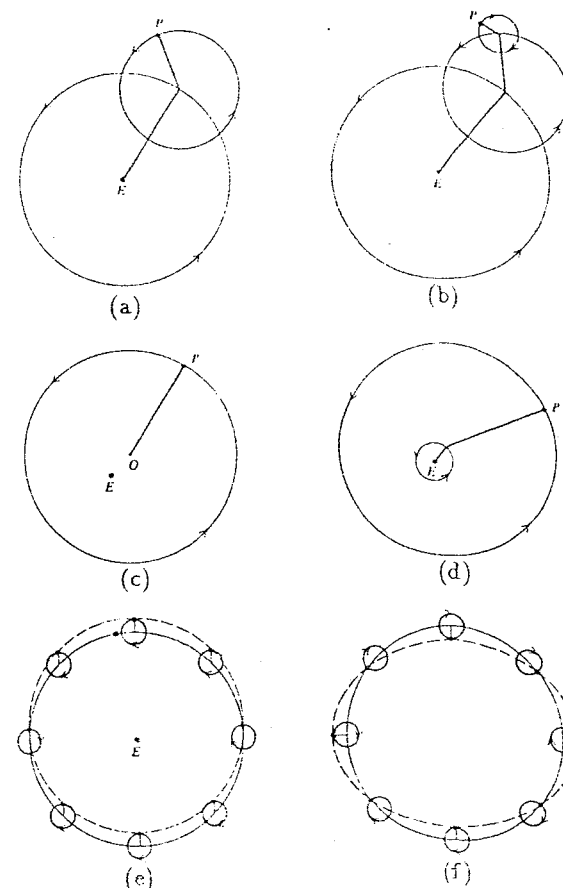


FIGURA 4 – Os artifícios geométricos da astronomia ptolomaica: a) um epiciclo maior associado a um deferente, b) um epiciclo sobre um epiciclo maior, c) um excêntrico, d) um excêntrico sobre um deferente, e) o efeito de um epiciclo menor com um mesmo período daquele do deferente, f) o efeito de um epiciclo menor com um período duas vezes daquele do deferente. Apud WESTFALL, 1981, p. 7.

O movimento do Sol poderia ser reproduzido com a ajuda de um só deferente centrado na Terra, se não fosse por algumas irregularidades (como por exemplo o fato de que o Sol emprega seis dias a mais para passar do equinócio de primavera ao equinócio de outono, que para regressar desde o equinócio de outono ao equinócio de primavera; em ambos os casos o Sol percorre 180° , uma vez que se está supondo que ele percorre um só deferente, logo ele deveria demorar tempos iguais).

Para dar conta desta pequena discrepância quantitativa, Hipparchos mostrou que se poderia usar o epiciclo secundário combinado com um deferente, o que acarretaria um deslocamento da trajetória do Sol, como mostra a Figura 5.

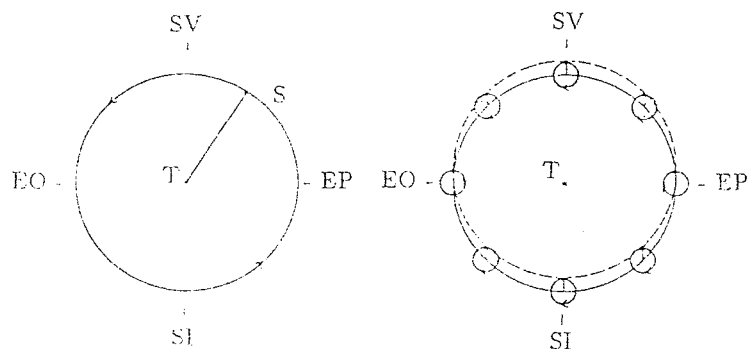


FIGURA 5 -- Uso dos epiciclos secundários para explicar o movimento aparente do Sol.

Uma vez que o caminho para ir do equinócio de primavera ao equinócio de outono é maior do que o caminho de volta, do equinócio de outono para o de primavera, o Sol necessitará de mais tempo para percorrer a ida do que a volta.

3

Os Equantes

Os equantes são dispositivos introduzidos por Ptolomeu, segundo os quais, a uniformidade do movimento de qualquer um dos planetas não necessariamente deve referir-se ao centro do círculo em que ele se move (ou melhor, a uniformidade do movimento do centro do epiciclo, ao longo do qual se move o planeta em questão, não necessariamente deve referir-se ao centro geométrico do seu deferente, nem deve referir-se ao centro do Universo, que coincide, segundo Ptolomeu, com o centro da Terra), mas sim a um terceiro ponto denominado equante.

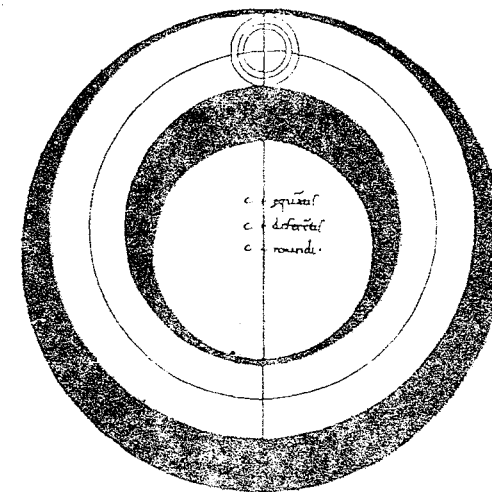


FIGURA 6 -- Diagrama da teoria ptolomaica sobre o movimento dos planetas superiores (Marte, Júpiter e Saturno) e de Vênus, extraído do *Theoricae Novae Planetarum*, de Georg Peurbach, 1472. Apud RONAN, 1983, p. 87.

Devemos notar, como o fez Neugebauer,

que o termo "equante" não ocorre em Ptolomeu, ele usa somente expressões como "centro para o excêntrico que produz o movimento uniforme" ou "circunlocações similares"².

Contudo, o termo 'equante' já aparece explicitamente nos textos ptolomaicos da Idade Média, como por exemplo em John Sacrobosco, que no seu *De Sphaera* afirma que "todos os planetas, exceto o Sol, têm três círculos, a saber, o equante, deferente e epiciclo"³.

É bem verdade que Sacrobosco usa o termo 'equante' muitas vezes de forma confusa, o que não acontece no *Theorica Planetarum*, manual de astronomia, de autor desconhecido, composto provavelmente no final do século XIII, destinado a suplementar o tratamento da teoria dos planetas presente no livro de Sacrobosco.

Ambos, *De Sphaera* e *Theorica Planetarum*, eram manuais elementares, igualmente populares, que foram muito utilizados, a partir do século XIII, no ensino de astronomia na Universidade, devido à dificuldade teórica do *Almagesto*.

A definição do equante aparece de forma bastante clara no *Theorica Planetarum* quando o autor analisa o movimento dos três planetas superiores. Afirma ele:

Deve-se portanto notar que qualquer dos três planetas superiores têm dois círculos excêntricos situados sobre o mesmo plano e imóveis, não considerando o movimento da oitava esfera e o movimento diurno ao redor da Terra de leste para oeste. Um deles é chamado deferente excêntrico, ao longo da circunferência do qual o centro do epiciclo é carregado de oeste para leste. O outro é chamado de equante excêntrico, ao redor do centro do

qual o centro do epiciclo move-se uniformemente, descrevendo ângulos iguais em tempos iguais.

Estes dois excêntricos são igualmente elevados para o mesmo lugar nos céus, e aquele cujo centro está mais próximo da Terra é o deferente. O outro é o equante. O centro do deferente está à mesma distância do centro da Terra e do centro do equante, pois ele está no meio. E estes três centros estão sobre a mesma linha, e ambos círculos excêntricos têm a mesma magnitude⁴.

²NEUGEBAUER, 1975, v. 3, p. 1102.

³SACROBOSCO, J. *Tractatus de Sphaera*. Apud GRANT, 1974, p. 450.

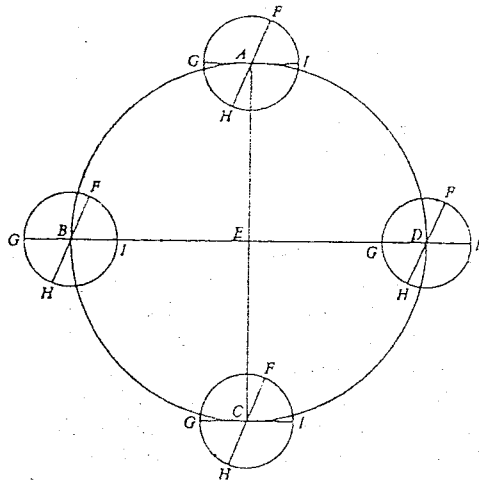
⁴ANÔNIMO, *Theorica Planetarum*. Apud GRANT, 1974, p. 455. É importante notar que os círculos 'excêntrico deferente' e o 'excêntrico equante' referem-se aos círculos deferente e equante respectivamente.

Os Movimentos da Terra Postulados por Copérnico

O movimento da Terra é, segundo Copérnico, um movimento tríplice: o primeiro é a rotação axial de oeste para leste, que caracteriza o dia e a noite; o segundo é o movimento anual do centro que descreve a eclíptica ao redor de um ponto próximo do Sol, também de oeste para leste; e o terceiro é um movimento anual em inclinação de leste para oeste.

Dado que estes assuntos exigem que os ponhamos mais adiante dos olhos do que meramente falemos acerca deles, deixe-nos [afirma Copérnico] desenhar o círculo $ABCD$, que representará o circuito anual do centro da Terra no plano da eclíptica, e deixe E ser o Sol, próximo do centro. Eu dividirei este círculo em quatro partes iguais, por meio dos diâmetros AEB e BED . Deixe o ponto A ser o começo de Câncer; B o de Libra; C o de Capricórnio; e D o de Áries. Agora deixe-nos colocar o centro da Terra primeiro em A , em torno do qual nós descrevemos o Equador terrestre $FGHI$, mas não no mesmo plano (da eclíptica), ressaltando apenas que o diâmetro GAI é a intersecção dos círculos, isto é, do Equador e da eclíptica. Tracemos depois o diâmetro FAH perpendicularmente a GAI e seja F o limite da maior inclinação (do Equador) para o Sul e H para o Norte. Partindo destes pressupostos, os habitantes da Terra verão o Sol no centro E , no seu solstício de inverno, em Capricórnio. Isto se deve ao fato de que a inclinação máxima setentrional está voltada para o Sol. Com efeito, a inclinação do Equador para AE assinala, na rotação diária, o solstício de inverno, paralelo ao Equador num intervalo a que corresponde ao ângulo de EAH . Agora façamos o centro da Terra mover-se na ordem dos signos e seja F , o limite da máxima in-

clinação, movendo-se de um arco igual mas em sentido inverso à ordem dos signos, até que ambos tenham atravessado um quadrante dos seus círculos até o ponto *B*. Entretanto, seja o ângulo *EAI* sempre igual a *AEB*, devido à igualdade das suas revoluções. Seja o diâmetro *FAH* paralelo a *FBH*, e *GAI* a *GBI*, Equador para-



lelo a Equador. Pela razão já muitas vezes apresentada parecem coincidir na imensidade do Céu. Assim de *B*, princípio de Libra, *E* parecerá estar em Áries e a linha de intersecção dos círculos ficará na linha reta *GBIE*, à qual a rotação diária não permitirá qualquer inclinação, pois toda a inclinação será no plano lateral. Assim veremos o Sol no seu equinócio da primavera. Suponhamos que o centro da Terra se move nas condições que indicamos. Quando tiver completado um semicírculo em *C*, o Sol parecerá entrar em Câncer. Mas *F*, o ponto mais ao sul da inclinação do Equador, ficará voltado para o Sol e assim fará com que o Sol pareça seguir pelo solstício do Verão, medido pelo ângulo da obliquidade,

ECF. Então, quando *F* voltar para o terceiro quadrante do círculo, a linha da intersecção *GI* cairá, uma vez mais, em *ED*. Daqui ver-se-á o Sol em Libra, tendo alcançado o equinócio do Outono. Finalmente, pelo mesmo processo, *HF* girará gradualmente na direção do Sol e repetir-se-á a situação pela qual começamos a nossa exposição⁵.

Resumindo, Copérnico afirma que quando, por exemplo, o centro da Terra passa por Capricórnio, o Sol aparece-nos passando através de Câncer, e com a Terra em Libra, o Sol aparece-nos em Áries, e assim por diante. Para tornar isto mais claro, vamos nos valer de um diagrama proposto por Thomas Kuhn, no *The Copernican Revolution*, p. 160.

Admitamos provisoriamente que, [tal como se representa na Figura 7], os centros do Universo, do Sol e da órbita terrestre coincidem em um mesmo ponto. Neste diagrama o plano da eclíptica é visto desde uma posição próxima ao pólo norte celeste; a Terra se desloca com regularidade até o leste ao longo de sua órbita e completa sua revolução em um ano, enquanto que simultaneamente efetua um giro completo ao redor de seu eixo, também na direção leste, a cada 23 horas e 56 minutos. Sendo a órbita da Terra muito menor que a esfera das estrelas, a rotação axial da Terra pode explicar com toda exatidão as trajetórias cotidianas do Sol, Lua, planetas e estrelas, já que desde qualquer ponto da órbita terrestre todos os corpos indicados devem ver-se sobre o fundo estelar e parecer que se movem com ela quando a Terra gira sobre si mesma.

No presente diagrama a Terra aparece em duas posições orbitais que ocupa com um intervalo de trinta dias. Em uma e outra as posições aparentes do Sol sobre o fundo da esfera das estrelas devem estar situadas sobre a eclíptica, definida agora como a linha de intersecção entre a esfera das estrelas e o plano sobre o qual tem lugar o movimento da Terra (plano que contém o Sol). Quando a Terra se desloca em direção a leste da

⁵COPÉRNICO. *De Revolutionibus Orbium Coelestium*, XI, Livro Primeiro.

posição E_1 a posição E_2 , o Sol se translada aparentemente ao longo da eclíptica, também na direção leste, e desde a posição S_1 para a posição S_2 . Assim, a teoria de Copérnico prevê exatamente o mesmo movimento anual do Sol na direção leste sobre a eclíptica que o da teoria de Ptolomeu⁶.

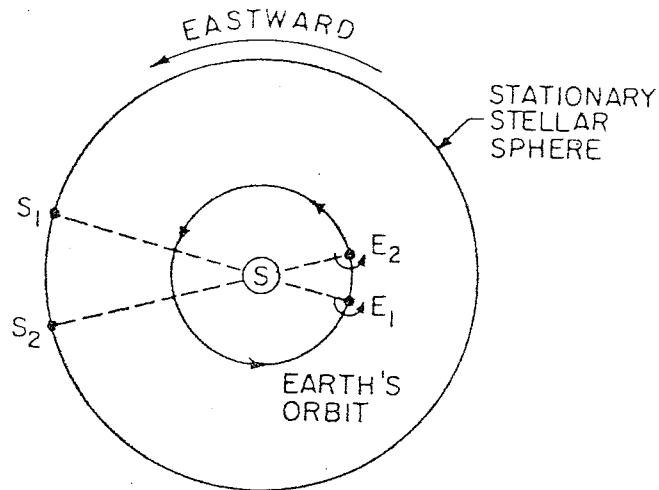


FIGURA 7 - "Quando a Terra se desloca de E_1 a E_2 ao longo de sua órbita copernicana, a posição aparente do Sol sobre a esfera das estrelas passa de S_1 a S_2 ". Apud KUHN, 1957, p. 160.

Copérnico afirmou também, como vimos, que enquanto o centro da Terra se desloca, ao longo de uma trajetória circular, ao redor do Sol, seu eixo permanece constantemente paralelo a si mesmo.

A este respeito, afirma Kuhn: Copérnico descreve este movimento físico como o resultado de dois movimentos ma-

⁶KUHN, 1957, p. 217-8.

temáticos simultâneos, além do primeiro movimento físico, o de rotação axial.

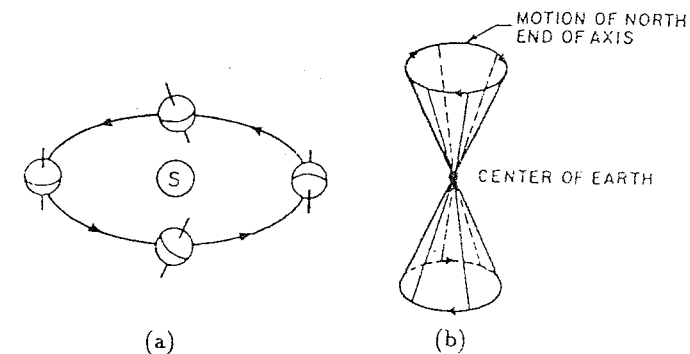


FIGURA 8 - "O 'segundo' e 'terceiro' movimentos de Copérnico. O diagrama (a) nos mostra o segundo movimento copernicano, o de um planeta fixado a uma esfera em rotação com centro no Sol. Este movimento não mantém o eixo terrestre paralelo a si mesmo, de tal forma que se faz necessário recorrer a um terceiro movimento cônico; b) que obrigue o eixo manter-se na direção adequada" (Apud KUHN, 1957, p. 164).

Aqui, segundo Kuhn, as argumentações que Copérnico emprega na descrição do segundo e terceiro movimentos

nos oferecem outro significativo exemplo de até que ponto seu pensamento se encontrava vinculado com as estruturas tradicionais do aristotelismo. Para Copérnico, a Terra é um planeta transportado ao redor do Sol central por uma esfera exatamente similar à que até então se havia usado para arrastar o Sol ao redor da Terra. Supondo que a Terra estivesse fixada solidamente a uma esfera, seu eixo não poderia permanecer constantemente paralelo a uma linha que atravessa o Sol, senão que a rotação daquela a levaria a ocupar as diferentes posições [que se mostram na Figura 8a]. Depois de um giro de 180° ao redor do Sol, o eixo terrestre seguiria mantendo uma inclinação de 23° e meio com

respeito à perpendicular ao plano da eclíptica, ainda que agora em uma direção simétrica da que tinha ao iniciar o recorrido. Para anular tal mudança na direção do eixo provocado pela rotação da esfera que arrasta a Terra, Copérnico necessita introduzir um terceiro movimento circular, aplicando-o desta vez ao eixo terrestre de forma exclusiva. [A Figura 8b] nos mostra uma representação esquemática deste terceiro movimento, um movimento cônico que faz girar o extremo Norte do eixo uma revolução anual até o oeste com o fim de compensar exatamente os efeitos do movimento orbital sobre o eixo terrestre⁷.

Porém, embora o movimento em inclinação do eixo da Terra tenha um período praticamente igual ao do movimento de rotação do centro ao redor do Sol, eles não são exatamente iguais, pois a inclinação se completa um pouco antes do que a revolução do centro da Terra.

Se [afirma Copérnico] o movimento do eixo da Terra concordasse, simplesmente e com exatidão, com o movimento do seu centro, pareceria, como disse [I, 11], que não havia qualquer precessão dos equinócios e solstícios [tal como é observado]⁸.

⁷KUHN, 1957, p. 221-2.

⁸COPÉRNICO, N. *De Revolutionibus Orbium Coelestium*, III, Livro Terceiro.

Conclusão

"O fato é que todo escritor cria seus próprios precursores" (BORGES, J.L.)^{*}.

Vimos, ao longo destes capítulos, que a moderna astronomia nasceu a partir da tentativa, feita por Copérnico, de adaptar as idéias dos antigos pitagóricos às necessidades de predições astronômicas e de salvar os fenômenos.

A concepção não-geocêntrica, tanto a de Philolaus, como as de Heráclides de Pontos e Aristarchos de Samos, era considerada, pelos astrônomos ptolomaicos dos séculos XV e XVI, como estranha, antiga e inteiramente ridícula. Todavia, esta concepção é revivida por Copérnico, embora ela estivesse, como vimos, diante de diversos fatos que pareciam refutá-la. Além disso, Copérnico não dispunha de uma mecânica capaz de sustentar os seus argumentos contra as objeções aristotélico-ptolomaicas ao movimento da Terra, o que tornava a concepção heliocêntrica mais frágil ainda.

Copérnico realizou o progresso retomando uma antiga idéia e criticando a astronomia ptolomaica, então dominante, a partir de um ponto de vista estranho a ela — a saber, a partir dos princípios de simplicidade e harmonia próprios da filosofia neoplatônica ou platônico-pitagórica.

Assim, concordamos com Paul Feyerabend quando ele afirma que qualquer idéia, embora antiga e absurda, pode aperfeiçoar nosso conhecimento. Um cientista interessado em conseguir o máximo conteúdo empírico, desejando compreender tantos aspectos de sua teoria quanto possível, deverá adotar metodologia pluralista comparando as teorias

^{*}BORGES, J.L. *Kafka and his Precursors, Labyrinths*. Ed. by Donald, A. Yates & James E. Trby. New York : New Direction, 1964, p. 201.

com outras teorias e não apenas com experiências, dados ou fatos, e deverá tentar aperfeiçoar concepções que aparentemente não resistem à competição, e não simplesmente afastá-las. Isto porque as alternativas de que ele necessita para manter o processo da competição, como o exemplo da revolução copernicana nos mostra, também podem ser colhidas no passado.

Outro aspecto da ciência copernicana que confirma a análise feyerabendiana é o fato de que a ciência copernicana não começou a partir de um problema, como propõe Popper, não nasceu do conflito entre uma expectativa e uma observação, nem do conflito entre teorias e nossas observações, uma vez que ela não nasceu da observação de novos fatos, nem da falta de explicação de fatos antigos; ela também não é fruto de contradições internas à teoria ptolomaica. E embora se a teoria ptolomaica fosse interpretada realisticamente ela estaria em contradição com a teoria aristotélica das cascas esféricas, isto não gera um problema, uma vez que ela não se propunha a descrever a real estrutura do Universo; a teoria astronômica ptolomaica de forte teor instrumentalista se propunha apenas a fazer boas previsões e a salvar os fenômenos.

Portanto, o nascimento da ciência copernicana não pode ser reconstruído racionalmente a partir do ponto-de-vista popperiano.

A ciência copernicana também não pode ser descrita dentro dos padrões da estrutura das revoluções científicas kuhnianas, isto porque, como vimos, a astronomia do século XVI não havia entrado num estado de crise, gerado pela falha do paradigma astronômico ptolomaico na aplicação de seus próprios problemas tradicionais.

A teoria copernicana nasceu de uma reinterpretação neoplatônica de fatos bastante conhecidos pelos astrônomos do século XV.

Bibliografia

- ARISTÓTELES. *Metaphysics*. Trad. W. D. Ross. In: HUTCHINS, R.M. (Ed.) *Great books of the western world*. Chicago : Encyclopaedia Britannica, 1952, v. 8, p. 499-626. Do original: *Metaphysica*.
- . *On the heavens*. Trad. J. L. Stocks. In: HUTCHINS, R.M. (Ed.) *Great books of the western world*. Chicago : Encyclopaedia Britannica, 1952, v. 8, p. 359-405. Do original: *De Caelo*.
- . *Physics*. Trad. R. P. Hardie and R. K. Gaye. In: HUTCHINS, R.M. (Ed.) *Great books of the western world*. Chicago : Encyclopaedia Britannica, 1952, v. 8, p. 259-355. Do original: *Physica*.
- . *On generation and corruption*. Trad. H. M. Joachim. In: HUTCHINS, R.M. (Ed.) *Great books of the western world*. Chicago : Encyclopaedia Britannica, 1952, v. 8, p. 409-441. Do original: *De generatione et corruptione*.
- . *Meteorology*. Trad. E. W. Webster. In: HUTCHINS, R.M. (Ed.) *Great books of the western world*. Chicago : Encyclopaedia Britannica, 1952, v. 8, p. 445-494. Do original: *Meteorologica*.
- BEER, A., STRAND, K.A., (Eds.) *Copernicus: yesterday and today*. Proceedings of the Commemorative Conference Held in Washington in Honour of Nicolaus Copernicus. Oxford : Pergamon, 1975.
- BERRY, A. *A short history of astronomy*. New York : Dover, 1971.

- BOAS, M. *The scientific renaissance. 1450-1630.* New York : Harper and Row, 1966.
- BURIDAN, J. *Quaestiones super libris quattuor de caelo et mundo.* Ed. by E. A. Moody. New York : Kraus, 1970. (Reimpressão de 1942).
- . *Questiones super octo physicorum libros Aristotelis.* Paris, 1509 (MSS Paris : BN lat I 4723, ff. 2r-107o; Carpentras 293; Vat. lat. 2163, ff. Ir-I57 v, e 2164, ff. Ir-I20r), livro VIII, questão 12. Trad. M. Clagett. In: CLAGETT, M. *The science of mechanics in the middle age.* 3.ed. Madison : University of Wisconsin, 1979, p. 532-40.
- BURTT, E.A. *The metaphysical foundations of modern physical science.* London : Routledge and Kegan Paul, 1972.
- CHALMERS, A. Planetary distances in copernican theory. *The British Journal for the Philosophy of Science*, v. 32, p. 374-5, 1981.
- . Planetary distances and copernican theory: a replay. *The British Journal for the Philosophy of Science*, v. 34, p. 372-4, 1983.
- CLAGETT, M. *The science of mechanics in the middle ages.* Madison : University of Wisconsin, 1979.
- . Nicole Oresme and medieval scientific thought. *Proceedings of the American Philosophical Society*, v. 108, n. 4, p. 298-309, Aug. 1964.
- . *Critical problems in the history of science.* Madison : University of Wisconsin, 1959.

- CLARK, J.T. The philosophy of science and history of science. In: CLAGETT, M., (Ed.) *Critical problems in the history of science.* Madison : University of Wisconsin, 1959, p. 103-39.
- CLAVELIN, M. *The natural philosophy of Galileo.* Trad. A. J. Pomerans. Cambridge : M.T.I., 1974. Título original: La philosophie naturelle de Galileo.
- COHEN, M.R., DRABKIN, I. E. *A source book of greek science.* Cambridge : Harvard University, 1966.
- COPERNICI, N. *Opus de revolutionibus caelestibus,* Manu Propria. München : R. Oldenbourg, 1944. (Obra original publicada em 1543).
- . *De revolutionibus orbium coelestium, Libri sex.* München : R. Oldenbourg, 1949. (Obra original publicada em 1543).
- . Commentariolus. Trad. E. Rosen. In: *Three copernican treatises.* 2.ed. New York : Dover, 1959, p. 57-90.
- . *On the revolutions of the heavenly spheres.* Trad. E. Rosen. Ed. por J. Dobrzycki. Baltimore : The Johns Hopkins University, 1978.
- . *On the revolutions of the heavenly spheres.* Trad. C.G. Wallis. In: HUTCHINS, R.M. ed. *Great books of the western world.* Chicago : Encyclopaedia Britannica, 1952, v. 16, p. 497-838. Do original: *De revolutionibus orbium coelestium.*
- CORNFORD, F.M. *Plato's cosmology: the Timaeus of Plato translated with a running commentary.* London : Routledge and Kegan Paul, 1948.

- CROMBIE, A.C. *Augustine to Galileo*. Cambridge : Harvard University, 1979. 2v.
- CURD, M. The superiority of the copernican system: a reply to Chalmers. *British Journal for the Philosophy of Science*, v. 34, p. 367-9, 1983.
- DIJKSTERHUIS, E.J. *The mechanization of the world picture*. Trad. C. Dikshoorn. London : Oxford University, 1969.
- . The origins of classical mechanics from Aristotle to Newton. In: CLAGETT, M. (Ed.) *Critical problems in the history of science*. Madison : University of Wisconsin, 1959, p. 163-184.
- DREYER, J.L.E. *A history of astronomy from Thales to Kepler*. New York : Dover, 1953. (Reimpressão de 1906).
- DUHEM, P. *Le système du monde*. Paris : Herman, 1958-79. 10v.
- . Salvar os fenômenos: ensaio sobre a noção de teoria física de Platão a Galileo. Trad. R.A. Martins. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*. Campinas, Supl. 3, p. 1-105, 1984. Do original: Essai sur la notion de theorie physique de Platon a Galilee.
- FEYERABEND, P.K. *Against method*. London : N.L.B., 1975.
- . Changing patterns of reconstruction. *British Journal for the Philosophy of Science*, v. 28, p. 351-69, 1977.
- . *Contra o método*. Trad. O. Mota e L. Hegenberg. Rio de Janeiro : Francisco Alves, 1977.

- . In defense of classical physics. *Studies in History and Philosophy of Science*, v. 1, n. 1, p. 59-85, May 1970.
- . On the critique of scientific reason. In: COHEN, R.S., FEYERABEND, P.K. & WARTOFSKY, M.W. (Ed.) *Essays in memory of Imre Lakatos*. Dordrecht : D. Reidel (Synthese Library, v. 99), 1976, p. 109-143.
- . Problems of empiricism: part 2. In: COLODY, R., (Ed.) *The nature and functions of scientific theories*. Pittsburg : University of Pittsburg, 1970, p. 275-353.
- . *Science in a free society*. 3.ed. London : Verso, 1985.
- . Science without experience. *The Journal of Philosophy*, v. 66, n. 2, p. 791-4, Nov. 1969.
- FRANKLIN, A. *The principle of inertia in the middle age*. Colorado : Colorado Associated University, 1976.
- GLYMOUR, C. *Theory and evidence*. Princeton : Princeton University, 1980.
- GRANT, E. *A source book in the medieval science*. Cambridge : Harvard University, 1974.
- . Motion in the void and principle of inertia in the middle ages. *Isis*, v. 55, p. 265-92, 1964.
- . Medieval and seventeenth century conceptions of an infinite void space beyond the cosmo. *Isis*, v. 60, p. 24-48, 1968.
- HEATH, Sir Thomas. *A history of greek mathematics*. New York : Dover, 1981. 2v.

- HOLTON, G. Johannes Kepler's universe: its physics and metaphysics. *American Journal of Physics*, v. 24, p. 340-351, 1956.
- HUTCHISON, K. Planetary distances as a test for the copernican theory. *British Journal for the Philosophy of Science*, v. 34, p. 369-71, 1983.
- KOYRÉ, A. *Études d'histoire de la pensée scientifique*. Paris : Gallimard, 1973.
- . *Études galiléennes*. Paris : Hermann, 1966.
- . *From the closed to the infinite universe*. Baltimore : John Hopkins, 1957.
- . *La révolution astronomique*. Paris : Hermann, 1961.
- KUHN, T.S. *The copernican revolution*. Cambridge : Cambridge University, 1957.
- . *The structure of scientific revolutions*. Chicago : Chicago University, 1962.
- LAKATOS, I. Falsification and the methodology of scientific research programmes. In: LAKATOS, I., MUSGRAVE, A., (Eds.) *Criticism and growth of knowledge*. London : Cambridge University, 1972, p. 91-196.
- MACCOLLEY, G. The theory of diurnal rotation of the earth. *Isis*, v. 26, p. 392-402, 1936/1939.
- MEYERSON, E. *Identité et réalité*. 5. ed. Paris : J. Vrin, 1951.
- MOODY, E.A. Galileo and Avempace. *Journal of the History of Ideas*, v. 12, p. 163-93, 1951.

- MUNITZ, M.K. (Ed.) *Theories of the universe from Babylonian myth to modern science*. New York : The Free Press, 1957.
- NEUGEBAUER, O. *The exact science in antiquity*. 2.ed. New York : Dover, 1979.
- . *A history of ancient mathematical astronomy*. New York : Springer, 1975. 3v.
- ORESME, N. *Le livre du ciel et du monde*. Ed. by Albert D. Menut and Alexander J. Denomy. Trad. A.D. Menut. Madison : University of Wisconsin, 1968.
- . *De proportionibus proportionum and Ad pauca respiciens*. Ed. e trad. por Edward Grant. Madison : University of Wisconsin, 1966.
- PLATÃO. Phaedo. Trad. B. Jowett. In: HUTCHINS, R.M., ed. *Great books of the western world*. Chicago : Encyclopaedia Britannica, 1952, v. 7, p. 220-51.
- . The republic. Trad. B. Jowett. In: HUTCHINS, R.M. (Ed.) *Great books of the western world*. Chicago : Encyclopaedia Britannica, 1952, v. 7, p. 295-441.
- . Timaeus. Trad. B. Jowett. In: HUTCHINS, R.M. (Ed.) *Great books of the western world*. Chicago : Encyclopaedia Britannica, 1952, v. 7, p. 442-77.
- POPPER, K. *Conjecture and refutations: the growth of scientific knowledge*. 3. ed. London : Routledge and Kegan Paul, 1969a.
- . *The logic of scientific discovery*. New York : Harper, 1969b.

- PRICE, D.J. *Contra-Copernicus: a critical re-estimation of the mathematical planetary theory of Ptolemy, Copernicus and Kepler*. In: CLAGETT, M. (Ed.) *Critical problems in the history of science*. Madison : University of Wisconsin, 1959, p. 197-218.
- PTOLOMEU, C. *The almagest*. Trad. R. Catesby Taliaferro. In: HUTCHINS, R.M. (Ed.) *Great books of the western world*. Chicago : Encyclopaedia Britannica, 1952, v. 16, p. 1478. Do original: *Almagesto*.
- ROSEN, E., ed. *Three copernican treatise*. 2.ed. New York : Dover, 1959.
- SARTON, G. *A history of science, ancient science through the golden age of Greece*. Cambridge : Harvard University, 1966.
- TOULMIN, S., GOODFIELD, J. *The fabric of the heavens: the development of astronomy and dynamics*. New York : Harper Torchbooks, 1965.
- URITAN, R.A. *Medieval science: the copernican revolution and physics teaching*. *American Journal of Physics*, v. 42, n. 10, p. 809-19, 1974.
- WESTFALL R.S. *The construction of modern science*. 5.ed. Cambridge : Cambridge University, 1981.

Índice

- Alcuin de York, 78n
 Aetius, 24-5
 Placita, 25
 Agostinho, 77
 Alfarabi, 80, 82n
 Alhazen, xiii, 13, 79n, 99n
 Alighieri, Dante, 35
 Alkind, 79n, 80
 Almagesto (*Hè Mathèmatiké Syntaxis*), 61-4, 65n, 82, 112n, 117, 130-1, 133, 138
 ver também Ptolomeu
 Anaxagoras, 19, 20
 Anaximandros, 19
 antichton (anti-terra), 21-5
 antiperistasis, 86-8
 Apianus, Petrus, 38
 Apollonios, 43, 57, 65, 108, 154
 Aquino, Thomás, 91
 árabes e a ciência árabe, 79-83
 Archimedes, 48, 51, 108
 Arenarius, 48
 Aristarchos de Samos *ver* Samos, Aristarchos
 Aristóteles, xi, xii, 11, 19, 23-4, 26, 27n, 29n, 34, 35-43, 45, 47n, 54n, 62n, 64n, 76-7, 78n, 79-81, 82n, 83-93, 107
 conceito aristotélico de movimento (*kinesis*), 40n
 condenação de Aristóteles, 76-7, 80-1
 cosmologia, xi, xii, 11, 35-41, 42-3, 45, 61, 64-5, 68, 76-7, 80, 81n, 102-4, 107, 113, 129n, 168
 crítica medieval à dinâmica aristotélica, 83-97, 100n
 movimento natural das coisas que caem, 40-1, 85-6
 movimento de projéteis, 84-6

- negação do infinito real, 42-3, 76, 100, 102-5
 negação do movimento da Terra, xiii, 12, 35-7, 40, 41-3,
 54n, 99-100, 137-8, 167
 negação da possibilidade de mundos plurais, 76, 102-4
 negação da possibilidade do vácuo, 36, 76, 86, 89, 90n,
 103-5
 teoria de movimento, 37-43, 76, 83-6, 90, 91n, 93,
 99-100, 104, 136
 teoria da queda dos corpos, 40-1, 84n, 85-6, 99-100
Categoria, 79
De Anima, 79
De Caelo, 23-4, 29n, 35-7, 41n-43n, 76, 79, 86n, 93, 103n
Metaphysica, 19, 23n, 24, 26n, 82n
Meteorologica, 98n
Physica, 24, 40n, 42n-43n, 76, 79, 85n, 86, 93, 100n
 ver também dicotomia aristotélica terrestre-celestial,
 movimento, movimento do Sol, movimento da Terra, sis-
 tema astronômico, Sol, Terra
 astrologia, 79n
 astronomia, 11, 17-69, 73-8, 80-3, 107-68
 antiga, xii, 17-69, 76-7
 árabe, 80, 81n
 copernicana, 78n, 109-45, 154, 161-8
 egípcia, 17, 18n
 grega, xii, 18-26
 indiana, 17, 18n
 helênica, 18, 62n
 helenística, 62-3
 matemática dos babilônios, 17-8
 medieval, xii, 75-8, 107-8, 117
 pitagórica, 12, 19-26
 ptolomaica, xii, 12, 13, 59n, 60-9, 73, 82-3, 108-18, 119n,
 121, 123, 153-9, 167-8
 pré-socrática, 19-26

- tychonica, 123
 atomismo, 8
 Avempace, xii, 12, 90-1
 Averrões (Ibn Rushd), xii, 12, 80, 81n-82n, 90-1
 Avicenna (Ibn Siria), xii, 12, 80, 81n-82n, 90
 Bacon, Roger, xiii, 13, 91
 Bade, 78n
 Basil, 77
 Berry, Arthur, 51n
 Boethius, 78
 Borges, J.L., 167
 Bradwardine, Thomas, 105
 Brahe, Tycho, 112n, 123
 Bruno, Giordano, 144
 Buridan, Jean, xii, 12, 92-8, 101-2, 107
 Callipos, xii, 36, 37n
 Capela, Martianus, 78
 Chalcidius, 78
 Cícero, 20n, 47, 78
 Claget, Marshall, 93n-96n, 98, 102n
 Clemente de Alexandria, 21n, 77
 Cohen, M.R., 18n, 26n, 27n, 28n, 47n, 49n, 51n, 53n, 54n,
 55, 58, 59n, 84n, 87n, 88n, 89
 convencionalismo, 4-6
 Copérnico, Nicolas, xi, xii, 10-3, 45, 54n, 61, 65, 67-75,
 76n-78n, 96, 101-2, 105n, 106-45, 161-8
 crítica copernicana aos equantes, 67-8, 116-7
 neoplatonismo, 109-24, 167-8
 revolução copernicana, xi, xii, 9-13, 71-5, 109-24
 sistema copernicano, xi, 110-45, 161-8
 Commentariolus, 67-8, 125, 126n
 De Revolutionibus Orbium Coelestium, 73-5, 78n, 102,
 106n, 109n, 110-1, 116, 117n, 120, 123n, 125-44, 163n,
 166n

- ver também* cosmologia copernicana, movimento do Sol, movimento da Terra, relatividade, sistema copernicano, Sol
- cosmologia, xi-xii, 11, 17-26, 27-43, 45, 62n, 63, 67, 80-1, 96-124
- antiga, xi, 11, 17-26, 27-43, 45, 62n, 63, 67, 76-7, 80-1, 125-7
- aristotélica, xi, xii, 11, 19, 34-43, 45, 61-2, 64-5, 68, 76-7, 80-1, 102-4, 107, 113, 129n, 168
- abilônica, 17, 18n
- copernicana, xi, 11, 74, 102, 105, 107, 121-5
- de Cusa, Nicolas, 105
- egípcia, 17, 18n
- galileana, 11
- grega, 18, 26-43, 45, 62n, 63, 67, 77, 80-1
- indiana, 17, 18n
- medieval, xi, 34, 78, 96-108
- oresmiana, 96-108
- pitagórica, 11-2, 21-6, 36n-37n, 45, 109-24
- platônica, xi, xii, 11, 27-35, 36, 45, 67, 109-24
- Crombie, A.C., 18n, 37n, 38, 64, 66, 79n, 81n, 90, 91n-92n, 114n-116n, 124n, 151
- Cusa, Nicholas, 105
- deferente, 43, 55, 57-60, 64-7, 153-6
- ver também* sistema de epiciclo e deferente
- della Porta, Giovanni Battista, xiii, 13
- Descartes, xi
- d'Etaples, Lefèvre, 105n
- dicotomia aristotélica terrestre-celestial, 40-3, 96, 98n, 100n, 136
- Diógenes Laercius, 21n
- Dionisius Areopagita, 122
- Drabkin, I.E., 18n, 26n, 27n, 28n, 47n, 49n, 51n, 53n, 54n, 55, 58, 59n, 84n, 87n, 88n, 89n

- Dreyer, J.L.E., 18n, 26n, 28, 30n, 36, 40n, 48n, 112n, 125n-126
- Duhem, Pierre, 62, 64n, 81n, 91, 97n-101n, 104n
- eclipse, 17, 19-20, 23, 24, 43
- eclipse solar de 28 de maio de 584 a.C., 19-20
- ecliptica, 20, 31, 48n, 112, 130, 141, 143, 149-51, 154, 161-4, 166
- obliquidade da, 20, 141-3
- Ecphantos de Siracusa, 45, 47
- empirismo, 1-2, 10
- epiciclo, 43, 55, 57-60, 62-7, 110, 117, 153-6
- epiciclo secundário, 59n, 65, 154-6
- ver também* sistema de epiciclo e deferente
- equador, 31, 112, 141-51, 161-2
- equante, 66-8, 116-7, 157-9
- equinócios, 19, 30n, 62n, 112, 142-3, 149-51, 156, 162-3, 166
- precessão dos, 30n, 62n, 112, 142-3, 166
- esferas homocêntricas 35-40
- Aristóteles, 35-40
- Callipos, xii, 36, 37n
- Eudoxos, xii, 36, 37n
- éter, 37
- Euclides, 78, 137
- Elementos*, 78
- Optica*, 137n
- Eudoxos, xii, 36, 37n
- Eusébius, 21n
- excêntricos, 55, 59n, 62n, 65, 67-8, 110, 117, 155
- excêntricos móveis, 65, 67n, 155
- falsificacionismo 2-7, 9
- falsificacionismo metodológico sofisticado de Popper, 4-7
- Feyerabend, Paul K., xii, 7-10, 12-3, 118n, 167

- força motriz, 84-9, 91-2, 107
- Galilei, Galileo, xi, xii, 9-13, 91n, 121-2
 conceito de inércia, xiii, 9, 13, 91n
 princípio da relatividade, xiii, 13
 revolução galileana, xi, xii, 10-3
 telescópio, xii, xiii, 9, 13
Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo - Tolemaico e Copernicano, 11, 13
Discursi e Dimostrazioni Matematiche intorno a Due Nuove Scienze, 11
Sidereus Nuncius, 13
- Gingerich, Owen, 112, 115, 118-9, 121
- Glymour, Clark, 119n
- Grant, E., 81n, 90n, 91n, 98n, 99n, 106n
- Grosseteste, Robert, xiii, 13
- Halifax, John de
 ver *Johannis de Sacrobosco* e John Holywood
- Heath, Sir Thomas, 20, 26n, 29n, 47n-48n, 49n, 51, 62, 82n-83n
- heliocentrismo (teoria heliocêntrica), xii, 11-2, 45-8, 54-5, 63-5, 78, 96-102, 115-6, 119n, 120-3, 125-45, 161-7
 Aristarchos de Samos, xii, 11-2, 45, 47-9, 54-5
 Copérnico, xii, 45, 48, 75, 101-2, 115-6, 119n, 120-4, 125-45, 161-7
 Heráclides de Pontos (teoria semi-heliocêntrica), xii, 12, 29, 42, 45-8, 78, 167
 rejeição dos antigos ao, 29-37, 41-5, 54-5, 63-5, 96-100, 129-34, 137-8
- Hè Mathemàtikè Syntaxis (Almagesto)*,
 ver também *Almagesto* e Ptolomeu
- Heráclides de Pontos, xii, 12, 29, 42, 45-8, 78, 167
 movimento da Terra, xii, 11-2, 29, 42, 45-8, 167
 teoria semi-heliocêntrica, 12, 42, 45-8, 78
 ver também Sol e Terra

- Hermes Trimegistus, 122
- Heron, 108
- Hicetas, 47
- Hipparchos, 30n, 43, 55, 59, 61-2, 65, 84n, 112n, 154-6
- Hippolytos, 47
- Hollywood, John
 ver *Johannis de Sacrobosco*
- Homero, 17
- Hypothesis ton planomenun*,
 ver também Ptolomeu
- imobilidade da Terra 29-37, 40-3, 54n, 63-4, 67n, 96n, 99-101, 129-38, 157-8
 Aristóteles, 35-7, 40-3, 54n, 99-100, 137-8, 167
 Platão, 29-34, 35
 Ptolomeu, 54n, 63-4, 67n, 129-34, 157, 167
 Sacrobosco, 130-3, 158
- impossibilidade do movimento no vácuo, 76, 86, 90n, 105
- Indiocopleutes, C., 76
- inércia, xiii, 13, 91n, 95
- Isidoro de Sevilha, 78
- Johann Müller de Königsberg,
 ver Regiomontanus
- Jupiter, 21, 37-9, 138, 140, 152, 157
- justificacionismo, 1-2
 neo-justificacionismo, 1
- Kant, Imanuel, 1
- Kepler, xiii, 13, 123, 144
- Königsberg, Johann Müller de,
 ver Regiomontanus
- Koyré, Alexandre, xi, 31n, 54n-55n, 82n-83n, 105n, 109n, 111, 114n, 123n, 125n-126n, 136-7
- Kuhn, Thomas S., 7, 10, 18n, 62-3, 64n-65, 68, 69n, 76n, 82, 107-10, 113, 117-21, 150-4, 163-6
- Lactâncio, 76, 77n

Lakatos, Imre, In, 2-4, 10
 Lua, 17, 20-1, 23, 25, 30, 32, 37-40, 43, 47-54, 80, 115, 119n, 126, 152, 154, 161-3
 distância relativa do Sol e da Lua à Terra, 48-54
 movimento da, 25, 30-2, 65, 80, 110, 128, 139, 143, 152, 154, 161-3
 luz, 8
 Machamer, Peter, 12-3
 Macrobius, 78
 magia, 79n
 Marchie, Francisco, 92
 Marte, 21, 37-8, 119, 139-40, 152-7
 Maurolico, Francesco, 13
 Mercurio, 21, 32, 37-8, 45-6, 78n, 138-9-140, 152, 157
 Middleton, Richard de, 105
 movimento, 17, 19-22, 25-7, 29-35, 37-43, 45, 47-9, 53-4, 57-61, 62n, 63-5, 67, 75, 77, 78n, 81, 84-9, 90n, 92-107, 110-2, 116-20, 125-46, 149-52, 161-6
 celeste, 17, 19, 21, 25, 27, 32, 34, 37-42, 45, 61, 62n, 64, 67n, 81, 90n, 95-6, 100n, 105-7, 110-2, 116-20, 125-46, 149-52, 161-6
 circular, 20-2, 25-7, 29-35, 37-43, 47-9, 53-4, 57-61, 62n, 63-5, 67, 75, 77, 78n, 99-101
 conceito aristotélico do, 40n
 da esfera celeste, 21, 29, 31-5, 39, 45, 63, 110, 149
 da esfera das estrelas fixas, 21, 29, 31-5, 39, 45, 63, 110
 de projéteis, 84-9, 92-5
 de queda livre, 40-1, 84n, 85-6, 89, 90n, 96-105
 forçado (violento), 40-3, 84-9, 93-4
 local, 37-43, 84, 86, 94, 99n, 129n
 misturado, 97-8
 natural, 40-3, 84-6, 88, 89, 99-100, 103n, 104
 da água, 41-2, 98, 103n
 do ar, 41-2, 98, 103n

do fogo, 41-2, 98, 103n
 relativo, xiii, 13, 96, 98-102
 retilíneo, 40-2, 86, 99-100
 teoria aristotélica do, 37-43, 76, 83-6, 90, 93, 99, 100n, 104, 136
 teoria do movimento de Avempace, 90-1
 teoria do movimento de Avicenna, 90-2
 teoria do movimento de Buridan, 92-6, 98, 101, 107
 teoria do movimento de Oresme, 96-101, 104-6, 107
 teoria do movimento de Philoponus, 84-93
ver também, Aristóteles, Heráclides de Pontos, Lua, movimento do Mesmo, movimento do Outro, movimento dos planetas, movimento do Sol, movimento da Terra, Oresme, Platão,
 movimento da Terra, xii, 11-2, 21-6, 29-37, 40-5, 47-9, 54-5, 75, 78, 96-108, 111, 115-116, 119n, 120-145, 161-8
 Aristarchos de Samos, xii, 11-12, 45, 47-49, 54-55
 Copérnico, 12, 45, 48, 75, 101-2, 111, 115-6, 119n, 120-45, 161-7
 discussão medieval em torno da possibilidade do, xiii, 12, 96-108
 Ecphantos de Siracusa, 45
 Galileo, xiii, 12
 Heráclides de Pontos, xii, 12, 29n, 42, 45-48, 78, 167
 Hicetas, 47
 objeções aristotélicas ao, xiii, 12, 35-7, 40-3, 54n, 99-100, 103n, 137-8, 167
 Philolaus, xii, 12, 21-3, 25, 45, 129, 167-8
 Pitágoras, 21
 pitagóricos, 21-3, 25-6
 Platão, 29n
 Oresme, 96-102
 Martianus Capella, 78
 negação de Buridan ao, 96n, 101

- negação dos antigos ao, 29-37, 41-5, 5-55, 63-5, 96-101,
 129-34, 137-8
 negação ptolomaica ao, 54n, 63-4, 67n, 129-34, 157, 167
 Nicolau de Cusa, 105
 movimento do Sol, xii, 12, 17, 19, 2-26, 29-33, 37-8, 42,
 45-8,
 59, 61-5, 67, 78, 84n, 112n, 119n, 127-45, 149-51, 154,
 156, 161-8
 Aristóteles, 37-8, 39n, 45
 Copérnico (movimento aparente), 119n, 127-45, 161-7
 Heráclides de Pontos, xii, 12, 29, 42, 45-8, 78, 167
 Hipparchos, 59, 65, 84n, 112n, 154-6
 Martianus Capella, 78
 movimento aparente do, 119n, 127-45, 149-51, 161-7
 negação de Aristarchos do, xii, 12, 45, 47-9, 54-5
 Philolaus, xii, 12, 19, 21-6
 Pitágoras, 11, 19-21
 pitagóricos, 12, 21-6, 167-8
 Platão, 30-3, 45
 Ptolomeu, 59n, 61-5, 67, 110, 111n, 115, 154, 156
 movimento do Mesmo, 30-4
 movimento do Outro, 30-4
 movimento dos planetas, 17, 19-21, 25, 27, 30, 32-4, 36-7,
 39, 43, 45-50, 57-60, 63-7, 78n, 110, 111n, 115-7,
 119-20, 125-45, 149-60, 163
 observação do, 13, 17-8, 51n, 53, 59-60, 62, 83, 119
 tábuas astronômicas, 83, 119
 mundos plurais, 76, 102-8
 negação aristotélica da possibilidade de, 76, 102-4
 tese oresmiana sobre a possibilidade de, 102, 104-8
 neoplatonismo, 109-124, 167-8
 Neugebauer, Otto, 18, 30n, 112n, 115, 153, 158
 Newton, Sir Isaac, 95n
 Nicolas de Cusa, *ver* Cusa, Nichola de

- Novara, Domenico Maria, 115
 Nürnberg, John Werner de, 112
 Obliquidade da eclíptica, 10, 141-3
 Ockhan, 105
 Oenopides de Chios, 20
 Olivi, Peter, 91
 Órbita do Mesmo, 30-4
 Órbita do Outro, 30-4
 Oresme, Nicolas, xii, 12, 96-108
 cosmologia, 96-108
 discussão em torno da possibilidade do movimento da
 Terra, 96-102
 discussão em torno da possibilidade de mundos plurais,
 102-8
Le Livre du ciel et du monde, 97, 98n-101n, 104
Questiones super De Caelo, 106n
 discussão em torno da unicidade da Terra, 102-8
 Orígenes, 77
 Papos, 108
 paralaxe
 estelar, 54n, 55, 111
 Peckham, John, xiii, 13
 Peurbach, Georg von, 83, 157
 Philolaus, xii, 12, 19, 21-6, 45, 129, 167-8
 doutrina philolaica, 11, 12, 21, 16, 129, 167
 Philoponus de Alexandria, xii, 12, 84-92
 teoria da força motriz incorpórea, 84, 86-2
 Pitágoras de Samos, 11, 19-21
 pitagóricos, 12, 21-6, 36n-37n, 109, 167-8
antichton, 21-6
 doutrina do fogo central, 21-6, 36n-37n
 explicação dos eclipses, 23-5
 pitagorismo, 21-6, 109, 114, 118, 124, 167-8
 neoplatonismo, 109-24, 167-8

- Platão, xi, xii, 11, 19-34, 35, 36n, 42, 45, 61, 67, 109, 118
 movimento da Terra, 29n
 movimento do Mesmo, 30-4
 movimento do Outro, 30-4
 sistema cósmico platônico, xi, 11, 27-36, 45, 67, 167-8
Leis, 27, 29n
Parmenides, 78
Phaedo, 27, 29n
Republica, 27, 78
Timaeus, 27-33, 78, 118n, 138
 platonismo, 67, 109-24, 167-8
 neoplatonismo, 109-24, 167-8
 Plinius (o velho), 21n, 78
 Plutarchos, 54, 84n
 Popper, Karl, 1-2, 4-8, 168
 falsificacionismo sofisticado, 2-7
 Porta, Giovanni Battista della, 13
 precessão dos equinócios, 30n, 62n, 112, 142-3, 166
 Proclus, 78
 ptolomaicos, 13
 astronomia ptolomaica, xii, 12-3, 59n, 60-9, 73, 82-3,
 108-18, 119n, 121, 123, 153-9, 167-8
 sistema ptolomaico, xii, 12-3, 59n, 60-9, 73, 82-3, 108-18,
 119n, 121, 123, 153-9, 167-8
 Ptolomeu, Claudius, xii, 12-3, 54n, 59n, 60-9, 73, 82n, 109,
 115-20, 123, 130n, 138, 158
 equante, 66-8, 116-7, 157-9
 excêntrico, 55, 59n, 65-8, 116
 sistema de epiciclo e deferente, 55, 57-60, 116
 tradição convencionalista, 62-5
 tradição instrumentalista, 168
Almagesto, 61-4, 65n, 82, 112n, 117, 130-1, 133, 138, 158
Hè Magiste Syntaxis ou *Al Majisti*, 61
Hypothesis tôn plànomenon, 63

- racionalismo, 1, 8
 Regiomontanos, *ver* Johannes Müller, 83, 119
 relatividade xiii, 13, 96, 98-102
 Alhazen, 99n
 Buridan, 96, 101-2
 Copérnico, 101-2
 Galileo, xiii, 13
 Oresme, 98-100
 Witelo, 99n
 Rheticus, Joachin, 109
 Rosen, Edward, 68n, 93n
 Ripa, Johannes de, 105
 Sacrobosco, 82-3, 130, 158
 Samos, Aristarchos, xii, 12, 20, 45, 47-55, 167
 cálculo da distância relativa do Sol e da Lua à Terra,
 48-54
 medidas do diâmetro aparente do Sol, 20, 51-2
 movimento da Terra, xii, 11-2, 45, 48, 54-5
 teoria heliocêntrica, 12, 45, 48-9, 54-5, 167
 Sarton, George, 20n, 30
 Saturno, 21, 37-8, 138-9, 152, 157
 Scotts, Michel, 92
 Simplicius, 27n, 47, 78, 84n
 sistema astronômico, xi, xii, 11-3, 19-43, 45, 48, 55, 59n,
 60-9, 73, 75-7, 80, 81n, 82-3, 101-4, 107-45, 153-9, 161-8
 aristotélico, xi, xii, 11, 35-43, 45, 61, 64-5, 68, 76-7, 80,
 81n, 102-4, 107, 113, 129n, 168
 copernicano, xii, 45, 48, 75, 78n, 101-2, 109-45, 154,
 161-8
 galileano, xii, 9-13, 121-2
 pitagórico, xii, 12, 19-26, 36n-37n
 platônico, xii, 27-36, 45, 67, 109-24
 ptolomaico, xii, 12-3, 55, 59n, 60-9, 73, 82-3, 108-18,
 119n, 121, 123, 153-9, 167-8

- tychonico, 123
 sistema de epiciclo e deferente, 43, 55, 57-60, 62-7, 110, 117, 153-6
 Sófocles, 122
 Sol, 17, 19-26, 30, 32-3, 37-8, 39n, 45-54, 59n, 65, 67, 78n, 115, 119n, 121-2, 126-9, 133, 139-45, 149-52, 154, 156, 161-8
 cálculo da distância relativa do Sol e da Lua à Terra, 48-54
 culto neoplatônico ao, 121-3
 eclipse solar, 19-20, 23-4, 43
 heliocentrismo, xii, 11-2, 45-8, 54-5, 63-5, 78, 96-102, 115-6, 119n, 120-3, 125-45, 161-7
 medidas do diâmetro aparente do, 20, 51-2
 posição do Sol segundo:
 Aristarchos de Samos, xii, 12, 45, 47-9, 54-5
 Aristóteles, 37-8, 39n, 45
 Copérnico, 45, 48, 78n, 101-2, 119n, 120-45, 161-7
 Heráclides de Pontos, xii, 12, 29, 42, 45-8, 78, 167
 Martianus Capella, 78
 Philolaus, xii, 12, 19, 21-6
 Pitágoras, 11, 19-21
 pitagóricos, 12, 21-6, 167-8
 Platão, 30-3, 45
ver também, movimento do Sol
 solstício, 19, 33, 141-3, 150, 161-2, 166
 de verão, 33, 141-3, 150, 162
 de inverno, 33, 141-3, 150, 161
 Stadius, Johannes, 119
 Stoeffler, Johannes, 119
 telescópio, 9-13
 Tempier, Étienne, 76
 Terra, xii, 11-3, 20-6, 29-37, 40-5, 47-9, 54-5, 63-4, 75-8, 96-108, 111, 115-6, 119n, 120-45, 161-7

- anti-Terra (*antichton*), 21-6
 descoberta da esfericidade da, 20
 forma da, 20, 29, 35-6, 63-4, 76n-77n, 126-7
 posição da Terra segundo:
 Aristarchos, 12, 45, 47-55
 Aristóteles, 35-40, 45
 Copérnico, 77, 78n, 125-45, 161-7
 Ecphantus de Siracusa, 45, 47
 Heráclides de Pontos, xii, 12, 45-7, 78, 167
 Hicetas, 47
 Martianus Capella, 78n
 Philolaus, xii, 12, 19, 21, 25-6, 45, 129, 167-8
 Pitágoras, 21
 pitagóricos, 21-6, 37n, 129
 Platão, 29, 31-2, 35, 45
 Ptolomeu, 55, 63-6, 130-4
 Sacrobosco, 130, 158
 unicidade da, 76, 102-5, 107
ver também: movimento da Terra
 Thales, 19-20
 Theophrastus, 13, 47
 Timocharis, 30n
 trepidação, 112
 vazio, vácuo, 36, 76, 86, 89-90, 103-5, 107
 verificacionismo, 1
 Vênus, 21, 32, 37-8, 45-6, 78n, 138, 139-40, 152, 157
 Westfall, R., 144, 154n, 155
 Witelo, xiii, 13
 Zeus, xi, 21, 37n
 Zodíaco, 20, 31, 48n, 51, 130, 132, 138-9, 141